

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ЭКОЛОГИЮ ПРИУСТЬЕВОГО УЧАСТКА Р. ВАРЗУГА (ТЕРСКИЙ БЕРЕГ БЕЛОГО МОРЯ)

Липка О.Н.¹, Крыленко И.В.²

В последнее десятилетие в с. Кузомень, расположенном в нижнем течении р. Варзуга (Терский берег Белого моря), возникла неблагоприятная ситуация, связанная с начавшимся разрушением ранее неразмываемого высокого правого берега реки в пределах жилой застройки (4,5–5 км выше устья реки). Уже отмечается подмыв приусадебных участков и хозяйственных построек, при продолжении отступления берега возникнет угроза жилым домам. Другим проблемным участком является сегмент подмываемого вогнутого правого берега протяженностью около 1,5 км в вершине развивающейся речной излучины в 4–5 км выше с. Кузомень (урочище Лудка, 7,2–8,6 км). Всемирным фондом дикой природы было проведено исследование для выяснения причин изменения русла (включая вклад изменения климата последних десятилетий и изменения уровня моря) и определения их вклада в процесс динамики берегов.

Река Варзуга берет начало в центральной части Кольского полуострова, течет в общем направлении на юг и впадает в Белое море. Протяженность р. Варзуги – 254 км, площадь водосбора в устье – 9840 км², средняя высота водосбора – 160 м. Общее падение реки составляет 189 м, средний уклон – 0,75‰ (м/км) [Государственный водный кадастр..., 1978; 1985; 1987; Ресурсы поверхностных вод..., 1963, 1970]. По водному режиму [Львович, 1945] р. Варзугу принято относить к рекам с преимущественно снеговым питанием и весенним половодьем. Для Варзуги характерен т.н. восточноевропейский тип гидрологического режима [Зайков, 1946] с низкой устойчивой зимней меженью, высоким весенним половодьем, довольно низкой летне-осенней меженью, прерываемой относительно небольшими дождевыми паводками.

Для оценки вклада изменений климата в изменение русла р. Варзуга были обработаны данные метеостанций в с. Варзуга и бли-

¹ Липка О.Н. – Всемирный фонд дикой природы (WWF), Москва.

² Крыленко И.В. – Научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

жайших населенных пунктах с начала прошлого века по 2015–2016 гг. [Булыгина и др.; гр5], тематические карты [Атлас Мурманской области, 1971, Национальный Атлас России, 2004], литературные данные [Научно-прикладной справочник..., 1966, 1968; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991; Оценочный доклад..., 2008; Второй оценочный доклад..., 2014]. Происходившие на протяжении столетий изменения климата в бассейне р. Варзуги были достаточно плавными и носили разнонаправленный характер. Однако в последние десятилетия климат меняется быстро, что проявляется не только в повышении среднегодовой (на 2 °С с 1976 г.) и сезонной температуры (на 1 °С за последние 10 лет во все сезоны, кроме лета), но и в сдвиге дат таяния снега и вскрытия рек ото льда на более ранние сроки, сокращении снеготазов и глубины промерзания почвы, увеличении общего количества (почти на 100 мм с 1976 г.) и изменении режима выпадения осадков (увеличение количества осадков зимой, рост риска экстремальных осадков). В целом по России в связи с изменениями климата отмечается рост числа опасных гидрометеорологических явлений, к которым относятся, в том числе, наводнения [Доклад об особенностях климата..., 2017].

Для оценки величины изменений стока воды в связи с изменением количества и режима выпадения осадков были сопоставлены средние за десятилетия годовые расходы за первую (1936–1941, 1943–1946 гг.) и последнюю (2004–2013 гг.) десятилетки имеющегося ряда наблюдений на гидрологическом посту р. Варзуга – с. Варзуга. За первые 10 лет наблюдений средний годовой расход составил 76,5 м³/с, за последние – 98,4 м³/с. Таким образом, относительное увеличение водоносности реки менее чем за 80 лет составило около 30%. По сравнению со средним за весь период наблюдений (83,6 м³/с), относительное увеличение стока воды в начале XXI века составило 18%. Отмеченное для р. Варзуги заметное увеличение водоносности хорошо соотносится с региональными тенденциями изменения стока, обусловленными глобальными изменениями климата [Второй оценочный доклад..., 2014].

В настоящее время из всех климатообусловленных явлений наибольшее влияние на русловые процессы в низовье реки оказывают наводнения в период весеннего половодья, особенно вызванные образованием ледовых заторов. Их сила зависит не только от климатических факторов (таяние снега и его запасы, температурный режим), но также от конфигурации русла, а также режима самого ледохода. В ближайшие десятилетия ожидается усиление влияния на морфодинамику русла и устьевой области р. Варзуги повышения уровня

Белого моря (в рамках общего подъема уровня Мирового океана), связанного с глобальными изменениями климата. Прогнозируемое повышение составляет не более 0,5 м к концу XXI века [IPCC, 2013].

В геологическом масштабе Терский берег Белого моря в новейшее время испытывает поднятие, признаком чего являются древние береговые валы на взморье и комплекс разновысотных речных террас. Литературные данные достаточно противоречивые. В целом в южной части Кольского полуострова и на прилегающих островах Белого моря после ледникового периода шло гляциоизостатическим поднятие берега со скоростью 3,1–4,5 мм/год. Однако в настоящее время, на фоне общего подъема Балтийского щита, отмечается слабое погружение юго-восточного побережья Кольского полуострова и некоторых его центральных частей [Введенская, Дертев, 2007]. При этом блок суши к западу от долины р. Варзуги воздымается быстрее, чем тектонический блок в устье Варзуги и блок восточнее Варзуги [Зарецкая, Репкина, 2015]. В описании к Государственной геологической карте... [2001], напротив, утверждается об опускании побережья восточнее устья Варзуги со скоростью от –0,8 до –2,5 мм/год.

Долговременные линейные изменения уровня моря, наблюдаемые на береговых станциях, обусловлены и вертикальными движениями земной коры, и климатическими изменениями. В 1993–2011 гг. наблюдается постепенный рост уровня Белого моря со средней скоростью 0,31 см в год, что соответствует средней скорости роста уровня Мирового океана. Т.е., уровень Белого моря за последние 20 лет вырос примерно на 6 см [Второй оценочный доклад, 2014].

Суммируя полученные сведения, можно сделать следующие выводы о влиянии современных изменений климата на гидрологический режим и экологию приустьевую участка р. Варзуга:

Анализ гидрометеорологической информации позволяет сделать вывод о статистически значимых изменениях климата и гидрологического режима в приморской части бассейна р. Варзуги. С конца XX века прослеживается повышение температуры воздуха во все сезоны года, возрастание количества осадков, увеличение годового стока воды и доли стока зимней и летней межени в годовом водном балансе.

Отмечаемые изменения внутригодового распределения стока соответствуют смягчению (уменьшению степени континентальности) климата. В настоящее время, в начале XXI в., по типу водного режима р. Варзуга уже не является рекой с преимущественно снеговым питанием. Ее водное питание стало смешанным, с преобладанием снегового и высокой долей дождевого и грунтового стока.

В районе гидрологического поста р. Варзуга – с. Варзуга в последние два десятилетия прослеживается увеличение частоты и размеров ледовых заторов и вызываемых ими наводнений. Предположительно, это связано с более ранними сроками наступления снеготаяния и взлома льда под воздействием участвовавших в отдельные годы вторжений теплых и влажных морских воздушных масс в начале весеннего периода.

Отмеченные изменения климата и климатообусловленных элементов водного режима полностью соответствуют региональным тенденциям современных глобальных климатических изменений [ПРСС 2013, 2014, Второй оценочный доклад..., 2014]. Наиболее значимыми по воздействию на динамику русла устьевого участка р. Варзуги являются следующие аспекты глобальных климатических изменений:

- уменьшение степени континентальности климата будет способствовать увеличению водного стока и выравниванию внутригодового распределения стока. При этом влияние на максимальные расходы воды и частоту экстремальных наводнений требует дополнительного изучения;
- повышение уровня моря: а) будет способствовать дальнейшему распространению вверх по реке приливно-отливных колебаний уровня, циркуляции течений и проникновению морских вод; б) приведет к смещению участка направленной аккумуляции речных наносов в вершину приустьевого расширения (эстуария) р. Варзуги или еще выше, на устьевой участок реки. Это, в свою очередь, может повлечь смену морфодинамических типов русла и направленности русловых деформаций на значительном протяжении нижнего течения реки; в) повышение абсолютных отметок уровней полной воды в прилив будет способствовать увеличению абразии берегов на участке приустьевого расширения р. Варзуги;
- возможные более сильные штормы при ожидаемом увеличении частоты формирования крупных циклонических образований. В первую очередь штормовая переработка морских берегов может привести к значительным изменениям на устьевом взморье – смене положения и размеров устьевых кос, ложбины, отмелей на бере. Все это повлияет на условия циркуляции воды и приливно-отливные процессы в пределах приустьевого расширения русла р. Варзуги. Другие возможные последствия сильных штормов – разрушение речных берегов в приустьевом расшире-

нии при ветро-волновой абразии, развеивание незакрепленных массивов бугристых песков.

Современные климатические изменения уже оказывают воздействие на водный сток и сток наносов, их режим, изменения уровня моря, но пока еще не нашли своего заметного отражения в морфодинамике русла р. Варзуги и ее устьевого взморья. Это, вероятно, связано со следующим:

- а) пока еще небольшом изменении перечисленных основных факторов руслоформирования (водного и твердого стока, частоты экстремальных явлений, уровня моря и пр.);
- б) определенной устойчивостью речных природных комплексов (и русла реки как их составной части) к внешним воздействиям (своего рода «запас прочности»);
- в) малой продолжительностью периода климатических изменений и инерционностью — для проявления в морфологии русла значимых изменений направленности/скорости русловых процессов должно пройти определенное время, которое при текущей интенсивности руслоформирующих процессов исчисляется десятилетиями или даже столетиями.

Современные климатические изменения (повышение температуры, увеличение количества осадков, снижение средней скорости ветра), скорее всего, будут благоприятны для закрепления растительностью развеваемых массивов Кузоменских бугристых песков.

Знание закономерностей русловых процессов в общем и эволюции речных излучин в частности позволяет достаточно уверенно прогнозировать дальнейшее направление русловых деформаций на проблемных участках, но только при условии сохранения неизменными природной обстановки, основных факторов руслоформирования и отсутствии техногенных вмешательств:

- для с. Кузомень через 10–15 лет ожидается ослабевание размывов правого берега в северной части села (где сейчас наблюдаются наибольшие скорости отступления берега) и некоторое усиление подмыва ниже по течению, ближе к центру села, где сейчас склон защищен узкой отмелью-косой. В более отдаленном будущем (30–50 лет) стрежень р. Варзуги напротив села Кузомень сместится ближе к левому берегу и разрушение правого берега прекратится;
- для участка активно размываемого берега в урочище Лудка в 7–9 км выше устья в ближайшие десятилетия скорость отступления берега будет близкой к современной и составит в среднем 1,0–

1,2 м/год. За 50 лет прогнозируемое наибольшее смещение берега не превысит 70 м. В более отдаленном будущем размывы в урочище Лудка ослабнут, в центральной и нижней части существующего яра произойдет относительная стабилизация положения берега.

В историческом масштабе (ближайшие века) нет оснований для высказываемого местными жителями опасения «спрямления» Варзуги через наиболее узкое место (900 м) перешейка между рекой и морем вследствие отступления берега в урочище Лудка.

Произошедшие и происходящие на участке р. Варзуги в ее нижнем течении русловые деформации по своей интенсивности и направленности не являются аномальными и не выходят за рамки ранее наблюдавшихся многолетних русловых переформирований. Поэтому можно полагать, что они не могут быть критичны по воздействию на поголовье рыбы (в том числе и семги), ее кормовую базу и условия нагула и зимовки. Предположения о сокращении численности популяции семги вследствие обмеления русла и значительного выноса песка в реку (который забивается в жабры и т.д.) представляются необоснованными.

Исследование проведено при поддержке Всемирного фонда дикой природы (WWF) России в рамках Баренц-Балтийской программы «Природа и человек», финансируемой Шведским агентством по развитию Sida.

Литература

- [1] Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) // <https://gmvo.skniivh.ru>.
- [2] Атлас Мурманской области. М: Картографическая фабрика №2, 1971. – 33 с.
- [3] Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коришанова Н.Н., Швец Н.В. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2015620394. <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation#описание-массива-данных>.
- [4] Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014621485. <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных>.
- [5] Введенская А.Я., Дертев А.К. Современная геодинамика, битуминосность и газоносность Кольского полуострова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. Т. 2.

- [6] Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Росгидромет, 2014. – 1008 с.
- [7] Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II Белое море. Вып. 1 Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеоздат. 1991. 240 с.
- [8] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист Q-(35)-37. Кировск. Объяснительная записка. СПб, 2001. –602 с.
- [9] Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1985 г. Часть 1 и 2. Т.1 РСФСР. Выпуск 6 Бассейны рек Кольского полуострова. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1987.
- [10] Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (за 1971–1975 гг. и весь период наблюдений). Т. 1. Кольский полуостров –Л.: Гидрометеоздат, 1978. –147 с.
- [11] Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1 и 2. Т. 1 РСФСР. Выпуск 6. Бассейны рек Кольского полуострова. – Л.: Гидрометеоздат, 1985.
- [12] Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. – М.: Росгидромет, 2017. –70 с.
- [13] *Зайков Б.Д.* Средний сток и его распределение в году на территории СССР // Труды НИУГМС. –Л. –М. Серия IV, 1946. Вып. 38. – С. 3–173.
- [14] *Зарецкая Н.Е., Репкина Т.Ю.* Новые данные по истории Терского берега Белого моря в голоцене (район устья р. Варзуги). //Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т.III. – М.: ГЕОС, 2015. – С. 186–189.
- [15] *Львович М.И.* Элементы режима рек земного шара. – М.: Гидрометеоздат, 1945. 126 с.
- [16] Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 02. Ветер. Л.: Гидрометеоздат, 1966.
- [17] Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 02. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеоздат, 1968.
- [18] Национальный атлас России Том. 2. Природа и экология. – М.: ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР», 2004. – 495 с.

- [19] Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т.1 Изменение климата. – М.: Росгидромет, 2008. –228 с.
- [20] Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 1. Кольский полуостров. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. –318 с.
- [21] Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 1. Кольский полуостров. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 134 с.
- [22] IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, – 1535 pp.
- [23] IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, – 1132 pp.
- [24] rp5.ru: <https://rp5.ru> – «Расписание Погоды». Использованы данные с 01 февраля 2005 г. по 31 декабря 2016 г. Метеостанция Варзуга, Россия, WMO_ID=22334. Метеостанция Умба, Россия, WMO_ID=22324.